

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย

5.1 สรุปผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาการเชื่อมซ่อมแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกที่ผลิตจากเหล็กเกรด AISI P20 โดยใช้กระบวนการเชื่อมเลเซอร์ชนิด Nd:YAG เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อโครงสร้างทางโลหะวิทยาและคุณสมบัติเชิงกลของแนวเชื่อม ซึ่งประกอบด้วยการศึกษาทั้งในระดับโครงสร้างมหภาค (Macrostructure) และระดับจุลภาค (Microstructure) รวมถึงการวัดค่าความแข็งของชิ้นงานที่ผ่านการเชื่อม เพื่อกำหนดพารามิเตอร์การเชื่อมที่เหมาะสมต่อการประยุกต์ใช้งานจริงในการซ่อมแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

จากการวิเคราะห์โครงสร้างในระดับมหภาค พบว่า บริเวณที่ได้รับผลกระทบจากความร้อน (Heat Affected Zone: HAZ) มีลักษณะแคบและจำกัดพื้นที่น้อยกว่าบริเวณโลหะเชื่อม (Weld Metal: WM) ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงลักษณะเฉพาะของกระบวนการเชื่อมเลเซอร์ Nd:YAG ที่ให้พลังงานในพื้นที่เฉพาะจุด (Narrow Spot Size) และบริเวณโฟกัสของลำแสงแคบ (Narrow Focus Area) ส่งผลให้ขอบเขตของ HAZ มีขนาดเล็กลงเมื่อเทียบกับกระบวนการเชื่อมแบบอื่น ๆ ซึ่งถือเป็นข้อได้เปรียบของกระบวนการเชื่อมเลเซอร์ในการลดผลกระทบทางความร้อนต่อชิ้นงาน

ในด้านโครงสร้างจุลภาค พบว่า โลหะฐาน (Base Metal) ของเหล็ก P20 ยังคงรักษาโครงสร้างแบบเทมเปอร์มาร์เทนไซต์ (Tempered Martensite) ได้อย่างมีเสถียรภาพ โดยมีการเปลี่ยนแปลงค่าความแข็งเพียงเล็กน้อย สะท้อนถึงการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างที่ไม่มากนักจากกระบวนการเชื่อม ในขณะที่บริเวณโลหะเชื่อม (WM) พบโครงสร้างแบบอะซิควิลาร์มาร์เทนไซต์ (Acicular Martensitic Structure) ที่มีขนาดเกรนค่อนข้างหยาบ (Coarse Grains) อันเป็นผลมาจากการหลอมละลายและการเย็นตัวอย่างรวดเร็ว ส่วนบริเวณ HAZ กลับพบว่าโครงสร้างมีลักษณะเกรนละเอียด (Fine Grains) ซึ่งเป็นผลโดยตรงจากอัตราการเย็นตัวที่สูง และส่งผลให้ค่าความแข็งในบริเวณ HAZ สูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับบริเวณโลหะเชื่อม

ค่าพลังงานความร้อนที่เข้าสู่ชิ้นงาน (Heat Input) มีความแปรผันในช่วงระหว่าง 116.0 ถึง 468.3 J/mm โดยขึ้นอยู่กับระยะเวลาของพัลส์ (Pulse Duration: PD) และความถี่ของพัลส์ (Pulse Frequency: PF) ซึ่งมีความสัมพันธ์ในเชิงบวก กล่าวคือ เมื่อค่าทั้งสองเพิ่มขึ้น ค่าความร้อนที่ถูกส่งเข้าสู่ชิ้นงานจะเพิ่มขึ้นตาม ส่งผลโดยตรงต่อรูปร่าง ลักษณะ และความกว้างของแนวเชื่อม

จากผลการทดลอง พบว่าการเพิ่มค่าระยะเวลาของพัลส์ (PD) และความถี่ของพัลส์ (PF) ส่งผลให้แนวเชื่อมมีแนวโน้มกว้างขึ้น โดยมีลักษณะของแนวเชื่อมที่ต่อเนื่องและสมบูรณ์ขึ้น ซึ่งชี้ให้เห็นถึงผลกระทบร่วมกันของสองพารามิเตอร์นี้ต่อคุณภาพของแนวเชื่อม ทั้งนี้ พารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการเชื่อมในงานวิจัยนี้ คือ ความถี่ของพัลส์ที่ 7 Hz และระยะเวลาของพัลส์ระหว่าง 5 ถึง 7 มิลลิวินาที โดยพารามิเตอร์ดังกล่าวสามารถให้แนวเชื่อมที่ปราศจากข้อบกพร่อง

จากการหลอมไม่สมบูรณ์ และมีค่าความแข็งใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานของเหล็กแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกเกรด P20

ผลการวิจัยนี้จึงชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของการควบคุมค่าพารามิเตอร์หลัก ได้แก่ ระยะเวลาของพัลส์ (PD) และความถี่ของพัลส์ (PF) เพื่อให้ได้แนวเชื่อมที่มีคุณภาพสูง มีลักษณะทางโลหะวิทยาที่เหมาะสม และค่าความแข็งที่สอดคล้องกับวัสดุฐาน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Adams และ Kwiatkowski ที่แสดงให้เห็นว่าพารามิเตอร์ของกระบวนการเชื่อมเลเซอร์มีผลโดยตรงต่อลักษณะโครงสร้างและคุณสมบัติเชิงกลของแนวเชื่อม